

普通高等教育电气类规划教材

电气控制与 西门子PLC应用技术

郭明良 主编 任思璟 李忠勤 副主编

SIEMENS
PLC



化学工业出版社

普通高等教育电气类规划教材

电气控制与 西门子PLC应用技术

郭明良 主编 任思璟 李忠勤 副主编

SIEMENS
PLC



化学工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

电气控制与西门子 PLC 应用技术/郭明良主编. —北京:
化学工业出版社, 2018.3
ISBN 978-7-122-31511-3

I. ①电… II. ①郭… III. ①工程机械-电气控制
②PLC 技术 IV. ①TU6②TM571.61

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 025855 号

责任编辑: 高墨荣
责任校对: 王素芹

文字编辑: 孙凤英
装帧设计: 史利平

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装: 北京市白帆印务有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张 15½ 字数 376 千字 2018 年 7 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 49.00 元

版权所有 违者必究

前言

Preface

电气控制系统是实现工业生产、科学研究及其他各个领域自动化的重要手段之一，在国民经济各行业中的许多部门得到广泛应用。可编程控制器（PLC）应用技术是在 20 世纪 60 年代诞生并开始发展起来的一种新型工业控制装置，它是综合了计算机技术、自动控制技术和通信技术的一门新兴技术，具有通用性强、可靠性高、能适应恶劣的工业环境、指令系统简单、编程简便易学、体积小、维修方便等一系列优点，广泛应用于机械制造、冶金、采矿、建材、石油、化工、汽车、电力、造纸、纺织、环保等各个行业的控制中。

本书以西门子 S7-200 系列 PLC 为对象，系统、全面地介绍 PLC 的组成、工作原理、指令系统、通信技术和系统设计方法等知识。全书共分 10 章。第 1 章介绍了常用低压电器；第 2 章介绍了电气控制基础；第 3 章介绍了典型机械设备电气控制系统；第 4 章介绍了可编程控制器的基础知识；第 5 章讲述了 S7-200 PLC 的基本指令及应用；第 6 章讲述了 S7-200 PLC 的功能指令及应用；第 7 章介绍了 STEP 7-Micro/WIN 编程软件；第 8 章介绍了 PLC 的通信与自动化通信网络；第 9 章介绍了 PLC 基本实验；第 10 章介绍了 WinCC flexible 入门。本书编写过程中，突出理论联系实际，内容由浅入深，层次分明，通俗易懂，便于自学。

本书可作为理工科自动化、机电一体化等专业高校学生的教学用书和参考用书，也可供从事相关领域技术工作的工程技术人员学习参考。

本书由郭明良主编，任思璟、李忠勤副主编。全书共 10 章，第 1~3 章由刘宏洋编写，第 4~6 章由李忠勤编写，第 7~9 章由任思璟编写，第 10 章由张锐编写。本书由谢子殿主审。郭明良负责统稿。

由于水平有限，时间仓促，对于本书中的疏漏以及不妥之处，恳请读者批评指正。

编者

目录 Contents

第1章 常用低压电器

1

1.1 ▶ 低压电器的基本知识	1
1.1.1 低压电器的分类	1
1.1.2 低压电器的型号表示法	1
1.1.3 低压电器的主要技术参数	2
1.1.4 低压电器的选用原则	2
1.1.5 低压电器的电磁机构	3
1.1.6 低压电器的触点及灭弧方法	5
1.2 ▶ 低压开关	7
1.2.1 刀开关	7
1.2.2 低压断路器	9
1.3 ▶ 熔断器	12
1.3.1 熔断器的组成、工作原理及特性	12
1.3.2 熔断器的类型及使用	13
1.3.3 熔断器的符号及型号含义	14
1.4 ▶ 主令电器	14
1.4.1 常用主令电器的类型及适用场合	14
1.4.2 主令电器的符号及型号含义	16
1.4.3 主令电器的使用	17
1.5 ▶ 接触器	17
1.5.1 交流接触器	17
1.5.2 直流接触器	18
1.5.3 接触器的类型及主要技术参数	18
1.5.4 接触器的使用	20
1.6 ▶ 继电器	20
1.6.1 常用继电器的类型及工作原理	20
1.6.2 继电器的符号及型号含义	23

1.6.3 继电器的使用	23
思考与练习	24

第2章 电气控制基础

25

2.1 ▶ 控制元器件符号	25
2.2 ▶ 电气原理图的绘制原则	26
2.2.1 电气原理图的绘制原则	26
2.2.2 图上位置的表示方法	27
2.3 ▶ 电路图分析	28
2.3.1 电气控制线路分析	28
2.3.2 电气原理图的阅读分析	29
2.4 ▶ 三相笼型异步电动机启动控制	31
2.4.1 全压启动控制线路	32
2.4.2 电动机的点动控制线路	32
2.4.3 电动机的正反转控制线路	33
2.4.4 自动往复行程控制线路	34
2.5 ▶ 三相异步电动机的制动控制	34
2.5.1 反接制动控制线路	35
2.5.2 能耗制动控制线路	36
思考与练习	37

第3章 典型机械设备电气控制系统

38

3.1 ▶ 钻床电气控制电路	38
3.1.1 电力拖动特点与控制要求	38
3.1.2 电气控制电路分析	38
3.2 ▶ X62W 型卧式万能铣床电气控制电路	41
3.2.1 电力拖动特点与控制要求	41
3.2.2 电气控制电路分析	41
3.3 ▶ M7120 型平面磨床的电气控制电路	45
3.3.1 电力拖动形式和控制要求	45
3.3.2 电气控制电路分析	46
思考与练习	48

第4章 可编程控制器的基础知识

49

4.1 ▶ PLC 概述	49
--------------------	----

4.1.1 PLC 的定义	49
4.1.2 PLC 的产生与发展	49
4.1.3 PLC 的特点	51
4.2 ▶ PLC 的组成及工作原理	52
4.2.1 PLC 的基本结构	52
4.2.2 PLC 的工作原理	55
4.3 ▶ PLC 的性能指标和编程语言	57
4.3.1 PLC 的性能指标	57
4.3.2 PLC 的编程语言	58
4.4 ▶ S7-200 PLC 概述	59
4.4.1 S7-200 PLC 的技术性能指标	59
4.4.2 I/O 点的地址分配与接线	61
4.5 ▶ S7-200 PLC 的内部元件	63
4.5.1 S7-200 PLC 的编程软元件	63
4.5.2 S7-200 的寻址方式	73
思考与练习	75

第 5 章 S7-200 PLC 的基本指令及应用 76

5.1 ▶ S7-200 的程序结构	76
5.2 ▶ S7-200 的位逻辑指令	77
5.3 ▶ S7-200 的定时器和计数器指令	83
5.4 ▶ 比较指令	91
5.5 ▶ 程序控制类指令	93
思考与练习	106

第 6 章 S7-200 PLC 的功能指令及应用 108

6.1 ▶ 传送指令	108
6.2 ▶ S7-200 的运算指令	111
6.2.1 四则运算指令	111
6.2.2 逻辑运算	118
6.3 ▶ 移位指令	122
6.4 ▶ 表功能指令	128
6.5 ▶ S7-200 的特殊功能指令	131

6.5.1 中断指令	131
6.5.2 高速计数器	136
思考与练习	144

第 7 章 STEP 7-Micro/WIN 编程软件 145

7.1 ▶ 编程软件概述	145
7.1.1 编程软件的安装与项目的组成	145
7.1.2 通信参数的设置与在线连接的建立	148
7.1.3 帮助功能的使用与 S7-200 的出错处理	150
7.2 ▶ 程序的编写与传送	152
7.2.1 编程的准备工作	152
7.2.2 编写与传送用户程序	153
7.2.3 数据块的使用	156
7.3 ▶ 用编程软件监控与调试程序	157
7.3.1 基于程序编辑器的程序状态监控	157
7.3.2 用状态表监控与调试程序	159
7.3.3 用状态表强制改变数值	161
7.3.4 在 RUN 模式下编辑用户程序	161
7.3.5 调试用户程序的其他方法	162
7.4 ▶ 使用系统块设置 PLC 的参数	162
7.4.1 断电数据保持的设置	162
7.4.2 创建 CPU 密码	163
7.4.3 输出表与输入滤波器的设置	165
7.4.4 脉冲捕捉功能与后台通信时间的设置	166
7.5 ▶ S7-200 PLC 仿真软件的使用	167
思考与练习	169

第 8 章 PLC 的通信与自动化通信网络 170

8.1 ▶ 计算机通信概述	170
8.1.1 串行通信	170
8.1.2 串行通信的端口标准	171
8.2 ▶ 计算机通信的国际标准	172
8.2.1 开放系统互连模型	172
8.2.2 IEEE 802 通信标准	173
8.2.3 现场总线及其国际标准	175

8.3 ▶ 西门子的工业自动化通信网络	176
8.4 ▶ S7-200 的通信功能与串行通信网络	177
8.4.1 S7-200 的网络通信协议	177
8.4.2 S7-200 的通信功能	179
8.4.3 S7-200 的串行通信网络	180
8.5 ▶ S7-200 的通信指令	182
8.5.1 网络读写指令	182
8.5.2 发送指令与接收指令	184
8.6 ▶ 使用自由端口模式的计算机与 PLC 的通信	188
8.7 ▶ Modbus 协议在通信中的应用	191
8.7.1 Modbus RTU 通信协议	191
8.7.2 基于 Modbus RTU 主站协议的通信	191
8.7.3 基于 Modbus RTU 从站协议的通信	194
思考与练习	197

第 9 章 PLC 基本实验

198

9.1 ▶ 继电器类指令实验	198
9.1.1 实验目的	198
9.1.2 实验任务	198
9.1.3 实验步骤	198
9.2 ▶ 定时器类指令实验	200
9.2.1 实验目的	200
9.2.2 实验任务	200
9.2.3 实验步骤	200
9.3 ▶ 计数器指令实验	203
9.3.1 实验目的	203
9.3.2 实验任务	203
9.3.3 实验步骤	203
9.4 ▶ 微分指令、锁存器指令实验	205
9.4.1 实验目的	205
9.4.2 实验任务	205
9.4.3 实验步骤	205
9.5 ▶ 移位指令实验	208
9.5.1 实验目的	208
9.5.2 实验任务	208
9.5.3 实验步骤	209

9.6 ▶ 算术指令和模拟量输入指令实验	212
9.6.1 实验目的	212
9.6.2 实验任务	212
9.6.3 实验步骤	212
9.7 ▶ 特殊功能指令实验	214
9.7.1 实验目的	214
9.7.2 实验任务	214
9.7.3 实验步骤	214
思考与练习	216

第 10 章 WinCC flexible 入门

217

10.1 ▶ WinCC flexible 概述	217
10.1.1 WinCC flexible 简介	217
10.1.2 WinCC flexible 的安装	218
10.1.3 WinCC flexible 的用户接口	221
10.1.4 鼠标的使用方法与技巧	224
10.2 ▶ 一个简单的例子	226
10.2.1 创建项目	226
10.2.2 变量的生成与组态	228
10.2.3 画面的生成与组态	228
10.2.4 指示灯与文本域的生成和组态	229
10.2.5 按钮的生成与组态	231
10.3 ▶ 项目的运行与模拟	233
10.3.1 WinCC flexible 运行系统简介	233
10.3.2 模拟调试的方法	234
思考与练习	234

参考文献

235

第1章

Chapter 01

常用低压电器

1.1 低压电器的基本知识

1.1.1 低压电器的分类

(1) 按用途分

① 低压配电电器 包括刀开关、转换开关、熔断器等，主要用于低电压配电系统中，实现电能的输送和分配，以及系统保护。要求这类电器动作准确、工作可靠、稳定性能良好。

② 低压控制电器 包括接触器、继电器及各种主令电器等，主要用于电气控制系统，要求这类电气工作准确可靠、操作频率高、寿命长，而且体积小、质量轻。

(2) 按动作性质分

① 自动电器 依靠电器本身的参数变化或外来信号（如电流、电压、温度、压力、速度、热量等）而自动接通、分断电路或使电动机进行正转、反转及停止等动作，如接触器及各种继电器等。

② 手动电器 依靠外力（人工）直接操作来进行接通、分断电路等动作，如各种开关、按钮等。

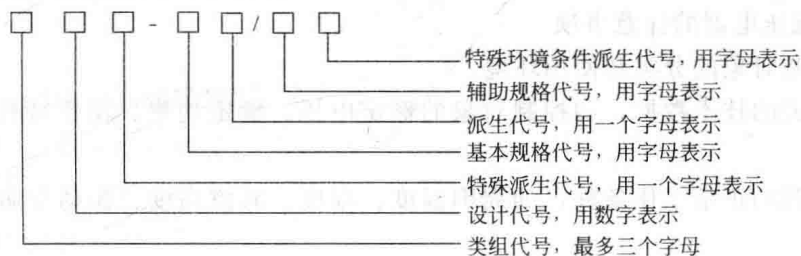
(3) 按低压电器的执行机理分

① 有触点电器 具有动触点和静触点，利用触点的接触和分离来实现电路的通断。

② 无触点电器 没有触点，主要利用晶体管的开关效应及导通或截止来实现电路的通断。

1.1.2 低压电器的型号表示法

国产常用低压电器的全型号组成形式如下：



1.1.3 低压电器的主要技术参数

(1) 额定电压

① 额定工作电压 规定条件下, 保证电器正常工作的工作电压值。

② 额定绝缘电压 规定条件下, 用来度量电器及其部件的绝缘强度、电器间隙和漏电距离的标称电压值。除非另有规定, 一般为电器最大额定工作电压。

③ 额定脉冲耐受电压 反映电器当其所在系统发生最大过电压时所能耐受的能力。额定绝缘电压和额定脉冲耐受电压共同决定绝缘水平。

(2) 额定电流

① 额定工作电流 在规定条件下, 保证开关电器正常工作的电流值。

② 约定发热电流 在规定条件下试验时, 电器处于非封闭状态下, 开关电器在 8h 工作制下, 各部件温升不超过极限值时所能承载的最大电流。

③ 约定封闭发热电流 电器处于封闭状态下, 在所规定的最小外壳内, 开关电器在 8h 工作制下, 各部件的温升不超过极限值时所承载的最大电流。

④ 额定持续电流 在规定的条件下, 开关电器在长期工作制下, 各部件的温升不超过极限值时所承载的最大电流。

(3) 操作频率与通电持续率

开关电器每小时内可能实现的最高操作循环次数称为操作频率。通电持续率是电器工作于断续周期工作制时有载时间与工作周期之比, 通常以百分数表示。

(4) 机械寿命和电寿命

机械开关电器在需要修理或更换机械零件前所能承受的无载操作次数, 称为机械寿命。在正常工作条件下, 机械开关电器无须修理或更换零件的负载操作次数称为电寿命。

对于有触点的电器, 其触点在工作中除机械磨损外, 尚有比机械磨损更为严重的电磨损。因而, 电器的电寿命一般小于其机械寿命。设计电器时, 要求其电寿命为机械寿命的 20%~50%。

1.1.4 低压电器的选用原则

目前, 国产低压电器大约有 130 多个系列, 品种规格繁多。国家对低压电器的设计和制造有严格的标准。选用的一般原则如下。

(1) 安全

安全可靠是对任何电器的基本要求, 保证电路和用电设备的可靠运行是正常生活与生产的前提。例如用手操作的低压电器要确保人身安全, 金属外壳要有明显接地标志等。

(2) 经济

经济性包括电器本身的经济价值和使用该种电器产生的价值。前者要求合理适用, 后者必须保证运行可靠, 不能因故障而引起各类经济损失。

(3) 选用低压电器的注意事项

① 明确控制对象的分类和使用环境。

② 明确有关的技术数据, 如控制对象的额定电压、额定功率、操作特性、启动电流倍数和工作制等。

③ 了解电器的正常工作条件, 如周围温度、湿度、海拔高度、振动及防御有害气体等方面的能力。

④ 了解电器的主要技术性能,如用途、种类、控制能力、通断能力和使用寿命等。

1.1.5 低压电器的电磁机构

电磁机构是各种自动化电磁式电器的感测部件,由线圈、铁芯和衔铁组成,如图 1-1 所示。当线圈通入电流之后,铁芯和衔铁的端面上出现了不同极性的磁极,彼此相吸,使衔铁向铁芯运动,由联动机构带动触点动作。电磁机构实质上是电磁铁的一种。

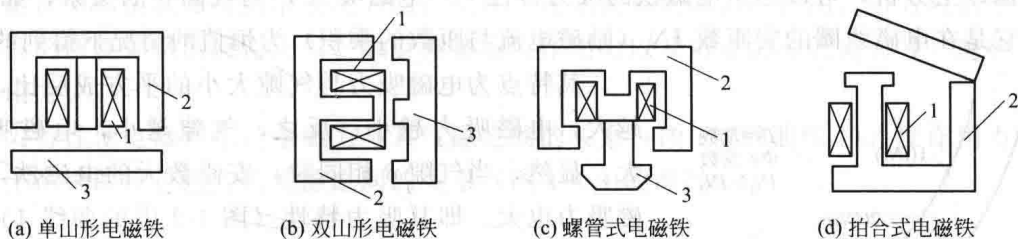


图 1-1 电磁机构的几种结构形式

1—线圈; 2—铁芯; 3—衔铁

(1) 铁芯和衔铁的结构形式

常用的铁芯和衔铁的结构形式有山字形、螺管式和拍合式几种。

① 山字形电磁铁 山字形电磁铁有单山字形和双山字形之分。这种结构形式的电磁铁多用于交流继电器、交流接触器以及其他交流电磁机构的电磁系统。

② 螺管式电磁铁 多用作牵引电磁铁和自动开关的操作电磁铁,但也有少数过电流继电器采用这种形式的电磁铁。

③ 拍合式电磁铁 广泛用于直流继电器和直流接触器,有时也用于交流继电器。

(2) 线圈

线圈是电磁铁的“心脏”,是产生磁通的源泉。按通入线圈的电源的种类不同,可分为直流线圈和交流线圈。根据励磁的需要,线圈可分为串联和并联两种,前者称为电流线圈,后者称为电压线圈。电流线圈串接在主电路中,电流较大,所以常用扁铜条或粗铜线绕制,匝数也较少;电压线圈并联在电源上,匝数多,阻抗也大,但电流较小,所以常用绝缘较好的电磁线绕制。

从结构上来看,线圈可分为有骨架的和无骨架的两种。交流电磁铁的线圈多为有骨架式,因为考虑到铁芯中有磁滞损耗和涡流损耗,不仅很难帮助线圈散热,而且有可能把热量传给线圈。直流电磁铁的线圈则多是无骨架的。

(3) 电磁吸力与吸力特性

电磁铁线圈通电后,铁芯吸引衔铁的力称为电磁吸力,用 F 表示。吸力的大小与气隙的截面积及气隙中的磁感应强度的平方成正比,如式(1-1)所示。

$$F = \frac{S_0 B_0^2}{2 \mu_0} \quad (1-1)$$

式中 B_0 ——气隙中的磁感应强度, T;

S_0 ——磁极截面积, m^2 ;

μ_0 ——真空磁导率, H/m;

F ——电磁吸引力, N。

① 直流电磁铁的吸力特性 直流电磁铁在衔铁被吸合前后，其电磁吸力是不相同的。因为直流电磁铁励磁电流的大小与所加电源电压 U 及线圈电阻 R 有关。在 U 与 R 均不变时，电流 I 是定值。电磁铁未吸合时，磁路中有空气隙，磁路中的磁阻变大，使得磁通 Φ 减小，磁感应强度 B 减小；电磁铁吸合后，气隙减小了，则磁通 Φ 增大，磁感应强度 B 增大。由式(1-1)可知，在直流电磁铁吸合过程中，电磁吸力不断地增大，完全吸合时的电磁吸力最大。

根据以上分析，可以绘出电磁铁的吸力特性——电磁吸力 F 与气隙 δ 的关系，如图 1-2 所示，它是在电磁线圈的安匝数 IN （励磁电流与匝数的乘积）为恒值的情况下得到的。

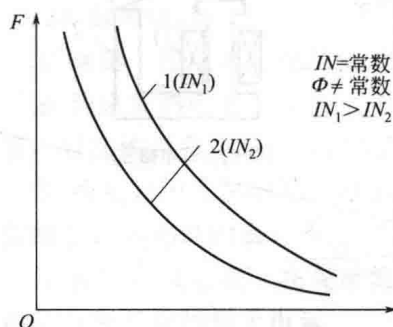


图 1-2 直流通圈的电磁铁的吸力特性

其特点为电磁吸力与气隙大小的平方成反比，气隙越大，电磁吸力越小；反之，气隙越小，电磁吸力越大。显然，当气隙 δ 相同时，安匝数大的电磁铁，其电磁吸力也大。即其吸力特性（图 1-2 中的曲线 1）位于匝数少者（图 1-2 中的曲线 2）的上方。

由电磁铁的吸力特性可知，电磁线圈的励磁电压的升高和降低，即励磁电流的增大和减小以及衔铁行程的增大和变小，都将影响到电磁铁的吸力特性，从而影响到电磁铁的工作性能。

② 交流电磁铁的吸力特性 交流电磁铁的线圈电压是按正弦规律变化的，因而气隙中的磁感应强度也按正弦规律变化。即 $B_0 = B_m \sin \omega t$ ，将此式代入式(1-1)，可得交流电磁铁吸力瞬时值的表达式如式(1-2)所示。

$$F' = \frac{1}{2} F_m - \frac{1}{2} F_m \cos 2\omega t \quad (1-2)$$

其中， $F_m = B_m^2 S_0 / (2 \mu_0)$ 是电磁吸力的最大值。电磁吸力大小取决于电流变化的一个周期内电磁吸力的平均值。若以 F 表示，如式(1-3)所示。

$$F = \frac{1}{T} \int_0^T F' dt = \frac{B_m^2}{4 \mu_0} S_0 \quad (1-3)$$

从式(1-3)可知，交流电磁铁的电磁吸力与磁感应强度最大值的平方成正比，与气隙截面积成正比。

由式(1-2)可知，交流电磁铁电磁吸力的大小是随时间变化的，可用图 1-3 的曲线表示。当磁通为零时，电磁吸力也为零；当磁通 Φ 为最大值时，电磁吸力达最大值。当电磁吸力小于作用在衔铁上弹簧的反作用力时，衔铁将从与铁芯闭合处被拉开；当电磁吸力大于弹簧反作用力时，衔铁又被吸合。随着电磁吸力的脉动，使衔铁产生了振动。衔铁频繁振动，既产生了噪声，又使铁芯的接触处有磨损，降低了电磁铁的使用寿命。为了消除衔铁的振动，在电磁铁铁芯的某一端装一短路铜环，如图 1-4 所示。短路环将铁芯中心的磁通分成两个部分，即穿过短路环的 Φ_1 和不穿过短路环的 Φ_2 。 Φ_1 使铜环产生感应电动势和电流，阻止 Φ_1 的变化，使铁芯中的两部分磁通所产生的电磁吸力就不会为零，从而消除了衔铁的振动。

交流电磁铁 $\Phi_m = U / (4.44 f N)$ ，磁通 Φ_m 与电源电压 U 成正比，与电源频率 f 、线圈

匝数 N 成反比。当 f 、 N 为定值时, Φ_m 只取决于电压 U , 电源电压 U 一定时, 磁通几乎是不变的, 也就是说交流电磁铁在吸合前后的 Φ_m 值是不变的, 所以电磁吸力也不变。考虑到漏磁通的影响, 其吸力随气隙的减小略有增加。交流电磁铁的吸力特性如图 1-5 所示。

由于交流电磁铁在吸合前磁路的磁阻大, 而吸合后磁路的磁阻小, 因此使得吸合前的磁动势比吸合后的磁动势要大。所以吸合前的励磁电流大, 吸合后的励磁电流小。

(4) 吸力特性和反力特性的配合

电磁铁中的衔铁除受到电磁吸力的作用外, 还受到系统阻力的作用。阻力包括使衔铁返回到原位的恢复弹簧的反作用力、触点弹簧的反作用力以及可动部分的重力等。这些力统称为反作用力。

吸力特性使电磁产生的电磁力与其气隙之间的关系 (图 1-6 的曲线 1), 反作用力特性则是作用于衔铁的反作用力与气隙之间的关系 (图 1-6 中的曲线 2)。

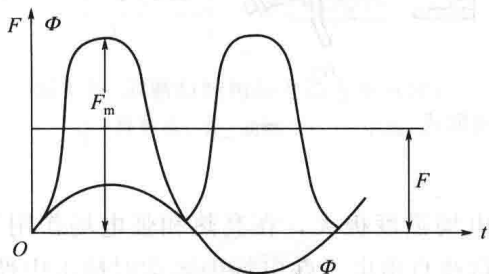


图 1-3 交流电磁铁的电磁吸力曲线

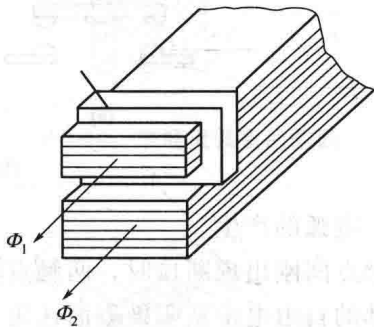


图 1-4 短路环

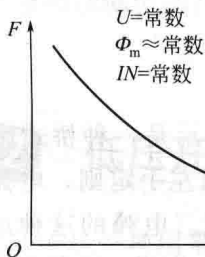


图 1-5 交流电磁铁的吸力特性

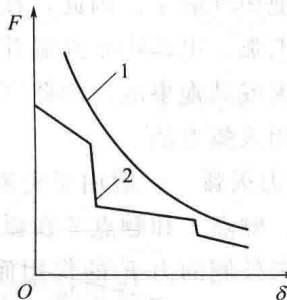


图 1-6 吸力特性与反力特性的配合

为了使电磁机构工作正常, 其吸力特性与反力特性必须配合得当。即在衔铁吸合过程中, 吸力应大于反作用力; 反之在衔铁释放时, 反作用力应大于吸力。

1.1.6 低压电器的触点及灭弧方法

(1) 电器的触点

触点是用来接通或断开电路的, 其结构形式很多。按其接触形式有点接触、线接触和面接触三种。如图 1-7 所示。

点接触允许通过的电流较小, 常用于继电器电路或辅助触点。线接触和面接触允许通过的电流较大, 常用于大电流的场合, 如刀开关、接触器的主触点等。为减少接触电阻, 使接触更加可靠, 需在触点间施加一定的压力。压力一般是靠反作用弹簧或触点本身的弹性变形而得。

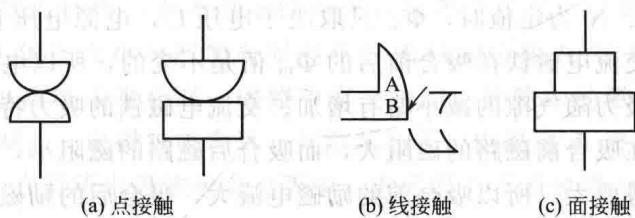


图 1-7 触点的三种接触形式

如图 1-8 所示分别为不同接触形式的触点结构形式。图 1-8(a) 为采用点接触的桥式触点，图 1-8(b) 为采用面接触的桥式触点，图 1-8(c) 为采用线接触的指形触点。

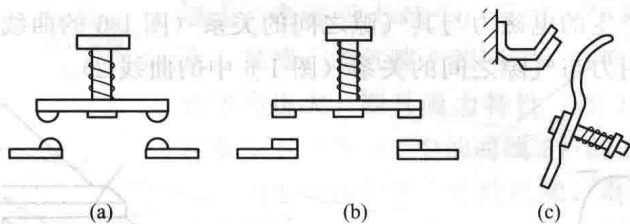


图 1-8 触点的结构形式

(2) 电弧的产生

当触点间刚出现断口时，两触点间距离极小，电场强度极大，在高热和强电场作用下，金属内部的自由电子从阴极表面逸出，奔向阳极，这些自由电子在电场中运动时撞击中性气体分子，使之激励和游离，产生正离子和电子，这些电子在强电场作用下继续向阳极移动时还要撞击其他中性分子。因此，在触点间隙中产生了大量的带电粒子，使气体导电形成了热的电子流即电弧。电弧产生高温并发出强光，将触点烧损，并使电路的切断时间延长，严重时会引起火灾或其他事故，因此应采取灭弧措施。

(3) 常用灭弧方法

① 电力灭弧 一般用于交流接触器等交流电器。如图 1-9 所示是一种桥式结构双断口触点系统。触点 1 和触点 2 在弧区内产生图 1-9 所示的磁场，根据左手定则，电弧电流要受到一个指向外侧的力 F 的作用而向外运动，迅速离开触点而熄灭。电弧的这种运动，一是会使电弧本身被拉长，二是电弧穿越冷却介质时要受到较强的冷却作用，这都有助于熄灭电弧。最主要的还是两断口处的每一电极旁，在交流电过零时都能出现 150~250V 的介质绝缘强度。

② 窄缝灭弧 一般都带灭弧罩，灭弧罩通常用耐弧陶土、石棉水泥或耐弧塑料制成。其作用有二：一是引导电弧纵向吹出，借此防止发生相间短路；二是使电弧与灭弧室的绝缘壁接触，从而迅速冷却，增强去游离作用，迫使电弧熄灭。如图 1-10 所示，灭弧罩的绝缘壁之间的缝隙有大有小，凡是宽度比电弧直径小的缝（图中缝宽 δ_1 小于电弧直径 d_2 处）称为窄缝；反之，宽度比电弧直径大的缝（图 1-10 中缝宽 δ_2 大于电弧直径 d_2 处）称为宽缝。窄缝可将电弧弧柱直径压缩（如压缩为 d_1 ），使电弧同缝壁紧密接触，加强冷却和降低游离作用，同时也加大了电弧运动的阻力，使其运动速度下降，缝壁温度上升，并在壁面产生表面放电。总之，缝宽的大小需要综合考虑。目前，有采用数个窄缝的多纵缝灭弧室，它将电弧引入纵缝，分劈成若干股直径较小的电弧，以增强灭弧作用。

③ 栅片灭弧 触点分断时产生的电弧在磁吹力和电动力作用下被拉长后,推向一组静止的金属片,这组金属片称为栅片,它们彼此间是互相绝缘的。电弧进入栅片后,被分割成一段段串联的电弧,而每一栅片又相当于一个电极,使每段短弧上的电压达不到燃弧电压,同时栅片还具有冷却作用,致使电弧迅速熄灭,如图 1-11 所示。

④ 磁吹灭弧 灭弧装置设有与触点串联的磁吹线圈,电弧在吹弧线圈的作用下受力拉长,加速了冷却而熄灭,如图 1-12 所示。

为了加强灭弧效果,往往同时采用几种灭弧措施。

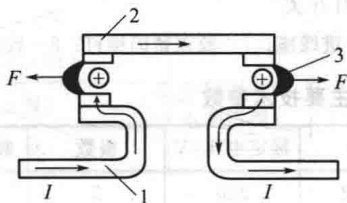


图 1-9 双断口结构的电动力吹弧效应

1—静触点; 2—动触点; 3—电弧

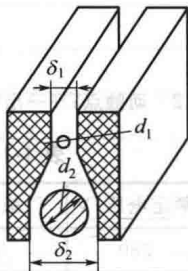


图 1-10 窄缝灭弧室的断面

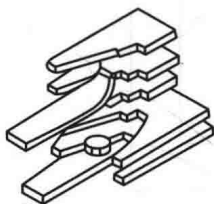


图 1-11 栅片灭弧

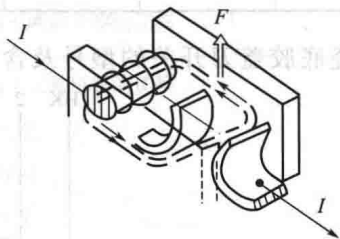


图 1-12 磁吹灭弧

1.2 低压开关

低压开关是一种用来隔离、转换以及接通和分断电路的控制电器。

1.2.1 刀开关

刀开关是低压配电电器中结构最简单、应用最广泛的电器,主要用在低压成套配电装置中,作为不频繁地手动接通和分断交直流电路或作隔离开关用,也可以用于不频繁地接通与分断额定电流以下的负载,如小型电动机等。

(1) 瓷底胶盖刀开关

① 用途 瓷底胶盖刀开关即开启式负荷开关,适用于交流 50Hz,额定电压单相 220V、三相 380V,额定电流至 100A 的电路中,作为不频繁地接通和分断有负载电路与小容量线路的短路保护之用。其中三极开关适当降低容量后,可作为小型电动机手动不频繁操作的直接启动及分断用。常用的有 HK1 和 HK2 系列, HK2 系列开启式负荷开关(又称瓷底胶盖刀开关)的结构如图 1-13 所示。

HK2 系列开启式负荷开关的主要技术参数如表 1-1 所示。